Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 19, No. 1, Mar- Apr 2023, p. 31-41

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۹، شماره ۱، فروردین- اردیبهشت ۱۴۰۲ ص. ۴۱-۳۱

Homepage: http://ifstrj.um.ac.ir
Research Paper

Evaluation of Prickly Pear's Pulp Powder (*Opuntia stricta*) on Physicochemical Properties of Raw and Cooked Analogue Burgers

P. Shahiri-Tabrestani[1], M. Kashiri[2*], Y. Maghsoudlou[3], H. Shahiri-Tabarestani[4], M. Ghorbani[5]

Received: 2021.06.29
Revised: 2021.08.31
Accepted: 2022.04.20
Available Online: 2022.04.20

How to cite this article:
Shahiri-Tabrestani, P., Kashiri, M., Maghsoudlou, Y., Shahiri-Tabarestani, H., & Ghorban, M. (2023). Evaluation of prickly pear's pulp powder (*Opuntia stricta*) on physicochemical properties of raw and cooked analogue burgers. *Iranian Food Science and Technology Research Journal 19*(1): 31-41. (In Persian with English abstract). http://doi.org/10.22067/IFSTRJ.2022.71095.1066

Introduction

There has been an increasing demand for functional analog meat products due to environmental, human health, and animal welfare concerns. Burger analogs are plant-based products that are designed to mimic the taste, texture, and appearance of meat burgers. They are typically made from a combination of plant-based ingredients such as textured vegetable protein, legumes, grains, and vegetables. The goal of burger analogs is to provide a meat-like experience without using animal-based products.These formulations aim to provide a healthier and sustainable alternative to conventional meat products. The organoleptic properties of burger analogs, including texture, taste, and aroma, are crucial for their acceptance by consumers.

Prickly pear (*Opuntia* stricta) is a fruit from the Cactaceae family that contains various beneficial components, including natural pigments, proteins, fibers, and polysaccharides. Pectic polysaccharides and arabinogalactans are two types of polysaccharides found in prickly pear that have thickening properties and can improve the texture of food products. Moreover, Prickly pear is a nutritious and functional fruit that can provide various benefits when incorporated into the diet or used as an ingredient in food products. To date, no health benefit analog burgers incorporating Opuntia fruit have been developed.This study investigated the effects of adding Prickly pear pulp powder at levels of 0.5-2.5% on the physicochemical, sensory, and textural properties of analog burgers.

Materials and Methods

Analog burgers were formulated according to Iranian national standards using common ingredients (texturized soy protein, water, canola oil, garlic, dehydrated onion, soy sauce, and guar gum) as a control sample. Mature prickly pear fruits (Opuntia stricta) were collected from west of Mazandaran province in February. The fruits were washed, peeled, and dried in a forced oven dryer at a temperature of 45 °C. The dried samples were then ground into a powder and stored at 4 °C until further physico-chemical parameters of the including moisture, pH, ash, protein, lipid, color and total phenolic content. For developing new formulation of analog burgers, the roasted flour was substituted with prickly pear pulp powder at 0.5%, 1.5%, and 2.5% of the base recipe. The average moisture, ash, fat, carbohydrate content, pH, holding capacity, and color of each raw packed burger were measured. The hardness, springiness, cohesiveness, and chewiness of cooked analog burgers were evaluated using a texturometer instrument. Sensory analysis was performed by 10 panelists who judged discrimination scales of color, odor, taste, and texture characteristics. Analysis and sample treatments were repeated at least three times. Statistical analysis was performed using SPSS (version 19.0), and data were expressed as means ± standard deviation (SD).

Results and Discussion

1, 2, 3 and 4- M.Sc Student, Associate Professor, Professor and Assistant Professor, Department of Food Science and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran, respectively.
(*- Corresponding Author Email: mkashiri@gau.ac.ir)
DOI: 10.22067/IFSTRJ.2022.71095.1066

The lowest and highest cooking losses were observed in analog burgers with 2.5% pulp powder (21.03 ±0.47%) and the control (22.2 ± 0.63%), respectively. However, moisture retention and juiciness did not show significant differences ($p > 0.05$) between analog burgers with prickly pear pulp powder and the control. The results indicated that increasing prickly pear pulp powder levels significantly decreased the redness ($+a^*$) parameter and yellowness ($+b^*$) of raw analog burgers. Moreover, a reduction in cooking loss and shrinkage were observed for cooked soy burger samples using prickly pear pulp powder. However, cooked analog burgers with added prickly pear pulp powder showed significantly higher juiciness. The elasticity of the produced analog burgers significantly decreased with an increasing percentage of pulp powder ($p < 0.05$).

Conclusion

The incorporation of prickly pear pulp powder in analog burger formulation resulted in a significant decrease in cooking loss and shrinkage of the cooked burgers, while not significantly affecting moisture retention and juiciness. An increase in prickly pear pulp powder levels in analog burger formulation led to a significant decrease in the redness and yellowness of the raw analog burgers, as well as a decrease in their elasticity. Based on the sensory evaluation and consumers' overall tendency to consume burgers, it is recommended to use 1.5% prickly pear pulp powder in analog burger formulation.

Keywords: Meat analog products, Meat alternatives, Plant-based burger, Prickly pear

Iranian Food Science and Technology Research Journal
Vol. 19, No. 1, Mar- Apr 2023, p. 31-41

نشریه پژوهشهای علوم و صنایع غذایی ایران
جلد ۱۹، شماره ۱، فروردین- اردیبهشت ۱۴۰۲ ص. ۴۱-۳۱

مقاله پژوهشی

بررسی تاثیر پودر پالپ گلابی خاردار (*Opuntia stricta*) بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی برگرهای آنالوگ خام و پخته تولیدی

پریسا شهیری طبرستانی[۱]- محبوبه کشیری[۲]*- یحیی مقصودلو[۳]- هدی شهیری طبرستانی[۴]- محمد قربانی[۵]

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۰۸
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۰/۰۶/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۱/۳۱

چکیده

تقاضای محصولات گوشتی آنالوگ سلامت بخش با قابلیت ایجاد ظاهر، بافت، عطر، طعم و احساس دهان مشابه گوشت با توجه به نگرانی‌های زیست‌محیطی و مسائل مربوط به حقوق حیوانات با افزایش چشمگیری همراه بوده است. هدف از پژوهش حاضر استفاده از پودر پالپ گلابی خاردار (۰/۵، ۱/۵ و ۲/۵ درصد) در تولید برگر گیاهی بر پایه پروتئین آنالوگ و ارزیابی ویژگی‌های فیزیکی، شیمیایی و حسی محصولات خام و پخته بود. نتایج نشان داد با افزایش درصد پودر پالپ گلابی خاردار ظرفیت نگهداری آب برگرهای خام آنالوگ افزایش یافت. هم‌چنین شاخص‌های قرمزی و زردی برگر خام تولیدی با افزایش درصد پودر پالپ گلابی خاردار به‌ترتیب افزایش و کاهش معنی‌داری یافت. کم‌ترین و بیش‌ترین افت پخت به‌ترتیب مربوط به برگر آنالوگ دارای ۲/۵ درصد پودر پالپ و برگر شاهد بود. قابلیت ارتجاع برگرهای آنالوگی پخته تولیدی با افزایش درصد پودر پالپ به طور معنی‌داری کاهش یافت (p <۰/۰۵). با افزایش درصد پودر پالپ، تغییرات معنی‌داری در درصد آبداری و چروکیدگی برگر پخته شده مشاهده شد. با توجه به بررسی‌های تکنولوژیکی، ارزیابی حسی و تمایل مصرف‌کننده، افزودن ۱/۵ درصد پودر پالپ گلابی خاردار در تولید برگر آنالوگ توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: برگر آنالوگ، برگر گیاهی، پالپ گلابی خاردار، جایگزین گوشت

مقدمه

گوشت و فرآورده‌های گوشتی به علت داشتن اسیدهای آمینه ضروری و ویتامین‌های خانواده B، املاح و سایر ترکیبات مغذی بسیار مورد توجه هستند. از طرفی تمایل به مصرف گوشت و فرآورده‌های گوشتی به‌دلیل دارا بودن اسیدهای چرب اشباع فراوان و کلسترول و نقش آن در بروز بیماری‌های قلبی ــ عروقی و نگرانی در خصوص جنون گاوی، کمبود جهانی پروتئین‌های حیوانی و تقاضای فراوان برای غذاهای سالم‌تر (بدون کلسترول و چربی اشباع کم)، محدودیت‌های مذهبی، مسائل مربوط به حقوق حیوانات و دلایل اقتصادی کاهش یافته است (Ledesma *et al*., 2015, Summo *et al*., 2015; Beth Small, 2007). در این بین یکی از راه‌های پیشنهادی در پاسخ به نگرانی مصرف کننده‌ها جهت تولید محصولات سلامت‌بخش، جایگزینی گوشت با پروتئین‌های گیاهی است (Asgar *et al*., 2010). در همین راستا محصولات گوشتی آنالوگ[۵] به محصولاتی اطلاق می‌گردد که از لحاظ ظاهری و خواص ارگانولپیتیکی و ویژگی‌های شیمیایی برگرفته و تقلیدی از محصولات گوشتی متداول می‌باشد (Bohrer, 2019). بر اساس گزارش بازار، تقاضا برای محصولات گوشتی آنالوگ رشد ۷/۹ درصدی بین سال ۲۰۱۹ الی ۲۰۲۴ خواهد داشت. در برآوردی اقتصادی، سود صنعت محصولات گوشتی آنالوگ تا سال ۲۰۲۵ بیش از ۲۱/۲۳ بیلیون دلار

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار، استاد، استادیار و استاد، گروه علوم و مهندسی صنایع غذایی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: mkashiri@gau.ac.ir)
DOI: 10.22067/IFSTRJ.2022.71095.1066

5- Meat Analogue

تخمین زده شده است (Zion Market Research, 2019). از مهمترین پروتئین‌ها در تولید محصولات گوشتی آنالوگ می‌توان به حبوبات، غلات (Van Mierlo *et al.*, 2017)، دانه‌های روغنی (Bohrer, 2019) و مایکوپروتئین (پروتئین های قارچی) (Asgar *et al.*, 2010) اشاره کرد. دانه سویا یکی از مهمترین منابع پروتئینی محصولات گوشتی آنالوگ است (Adeniyi *et al.*, 2018). از مهم‌ترین فراورده‌های حاصل از پروتئین سویا می‌توان به آرد سویا (۵۰ درصد پروتئین)، کنسانتره پروتئین سویا (۷۰ درصد پروتئین) و ایزوله پروتئین سویا (۹۰ درصد پروتئین)اشاره کرد که از نظر تغذیه‌ای ضمن دسترسی به پروتئین بالاتر نسبت به ماده اولیه از نظر لیزین و متیونین قابل مقایسه با پروتئین‌های حیوانی می‌باشند (Hasan, 2013; Devine, 2002). پروتئین سویای بافتدار[1] از فرآیند مکانیکی آرد سویا یا کنسانتره سویا با استفاده از اکسترودر بدست می‌آید. محصول حاصل از این فرآیند پس از جذب آب و فرایند حرارتی، هنگام جویدن دارای بافتی شبیه گوشت می‌گردد (Riaz, 2011).

امروزه صنعت غذا در تلاش برای استفاده از نگهدارنده‌ها و افزودنی‌های طبیعی در پاسخ به تقاضای رو به افزایش مصرف‌کنندگان برای مواد غذایی سالم‌تر است تا ضمن کاهش زیان‌های ناشی از افزودنی‌های مصنوعی، از ویژگی‌های فوق‌العاده این افزودنی‌های گیاهی استفاده شود (Nemzer *et al.*, 2011). به همین منظور گلابی خاردار میوه گیاهی از خانواده کاکتاسه‌ها و جنس آپونتیا[2] (*Opuntia stricta*) مورد توجه قرار گرفته است که از پتانسیل رشد خوبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک برخوردار است (Ennouri *et al.*, 2005). میوه این گیاه به شکل بری و دارای پوستی نیمه‌سخت همراه با پالپی پر از دانه است و با نام انجیر هندی و انجیر بربری معروف است (Barba *et al.*, 2017). *Opuntia stricta* دارای میوه گلابی شکل و به رنگ قرمز- بنفش می‌باشد (Obon *et al.*, 2009). پالپ میوه این گیاه دارای طیف گسترده‌ای از ترکیبات بیولوژیکی فعال مانند کربوهیدرات‌ها، ویتامین‌ها، پلی‌فنل‌ها، کاروتنوئیدها، بتالائین و غیره است که بسیاری از این ترکیبات خاصیت آنتی‌اکسیدانی دارند (Majdoub *et al.*, 2001). رنگ قرمز- بنفش این میوه بدلیل رنگدانه بتاسیانین می‌باشد (Felker *et al.*, 2008; Castellar *et al.*, 2003). میوه گلابی خاردار در فرمولاسیون به‌صورت مختلف در محصولات غذایی نظیر پالپ میوه در بستنی (El-Samahy *et al.*, 2009)، پودر در ماست و نوشیدنی‌های گوارا (Obon *et al.*, 2009)، به شکل عصاره در تولید نوشیدنی تخمیری با استفاده از باکتری *Lactobacillus fermentum* (Panda *et al.*, 2017) و سوسیس سالامی (Kharrat *et al.*, 2018) گزارش شده است.

بسیاری از مصرف‌کنندگان انتظار دارند که محصولات گوشتی آنالوگ دارای ویژگی‌های مشابه محصولات رایج گوشتی از نظر ظاهر، رنگ، بافت، طعم و حس دهانی باشند (Bohrer, 2019). از طرفی محصولات گوشتی آنالوگ بدلیل حذف گوشت فاقد بسیاری از ریزمغذی‌های مهم می‌باشند (Kumar *et al.*, 2017) که با استفاده از محصولات گیاهی مختلف مناسب می‌توان بسیاری از این کمبودها را جبران کرد (Do Prado *et al.*, 2018). بر همین اساس با توجه به اینکه تاکنون در تولید برگرهای آنالوگ از ترکیبات طبیعی حاوی ترکیبات آنتی آکسیدانی استفاده نشده بود لذا در این پژوهش از پودر پالپ تهیه شده از میوه *Opuntia stricta* در سه سطح ۰/۵، ۱/۵ و ۲/۵ درصد در فرمولاسیون برگر آنالوگ استفاده و ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی محصول تولیدی خام و پخته شده مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد اولیه

در این پژوهش میوه گلابی خاردار از گلخانه‌های غرب مازندران (چالوس) تهیه و پس از تأیید پژوهشکده گیاهان دارویی در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد. مواد اولیه تهیه برگر گیاهی آنالوگ شامل سویای بافتدار حاوی ۵۲ گرم پروتئین، ۳/۱ گرم چربی و ۲۹ گرم کربوهیدرات (سبحان، ایران)، آرد سوخاری (تردک، ایران)، روغن آفتابگردان (بهار، ایران)، ادویه‌جات (گلستان، ایران)، صمغ گوار (سیگما آلدریچ، آمریکا)، پودر ایزوله آب پنیر با خلوص ۹۰ درصد (پگاه، گلستان)، گلوتن (آردینه، ایران)، پیاز و سیر از فروشگاه‌های معتبر تهیه شد. همچنین سود (به‌آزما، ایران)، DPPH [3] (سیگما آلدریچ، آمریکا)، متانول (شارلو، اسپانیا)، هگزان (مجللی، ایران)، تری‌کلرواستیک اسید (تتراکم، ایران)، فنل فتالئین (به‌آزما، ایران)، اسید سولفوریک (مرک، آلمان)، سولفات پتاسیم (مرک، آلمان)، سولفات مس (مرک، آلمان)، دی‌اکسید سلنیوم (مرک، آلمان)، اسید کلریدریک (مرک، آلمان) و اسید بوریک (مرک، آلمان) خریداری شد.

تهیه پودر پالپ گلابی خاردار و ارزیابی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی آنها

1- Texturized Soy Protein (TSP)
2- *Opuntia*

3- 2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

میوه گلابی خاردار پس از شستشو به‌صورت دستی پوست‌گیری و دانه‌ها از پالپ جدا شدند. پالپ حاصل در آون ۵۰ درجه سانتی‌گراد خشک و به وسیله آسیاب (آسان طوس شرق، ۱۰۰۰، ایران) پودر و از الکی با مش ۶۰ عبور داده شد. در نهایت پودر پالپ تا زمان استفاده در بسته‌های نایلونی زیپ‌دار در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری شد.

ترکیبات پودر پالپ گلابی خاردار شامل رطوبت، پروتئین، چربی، خاکستر، اسیدیته (بر حسب اسید مالیک) مطابق AOAC[1] (۲۰۰۶) و pH بر اساس روش خطبی و همکاران (۲۰۱۶) اندازه‌گیری شد. میزان کربوهیدرات نمونه‌ها از تفاضل مجموع ترکیبات فوق از عدد ۱۰۰ بدست آمد. همچنین درصد مهار رادیکال آزاد DPPH نیز مطابق روش پالمری و همکاران (Palmeri *et al.*, 2018) اندازه‌گیری شد.

تولید برگر آنالوگ

در تولید برگر آنالوگ سویای بافت‌دار (۲۰ درصد)، پیاز بدون آب (۱۵/۸ درصد)، آب (۳۳/۳۴ درصد)، سیر (۲/۸ درصد)، نمک (۱ درصد)، فلفل (۰/۲۶ درصد)، ادویه (۱/۷ درصد)، آرد سوخاری (۱۱/۶ درصد)، پودر آب پنیر (۴/۶ درصد)، گلوتن (۳/۱ درصد)، صمغ گوار (۰/۳ درصد) و روغن (۵/۵ درصد) با یکدیگر مخلوط و در قالب‌های۵۰ گرمی وزن و در کیسه‌های زیپ‌دار در دمای ۱۸– درجه سانتی‌گراد تا زمان استفاده نگهداری شدند. ضمنا در تولید برگر آنالوگ دارای پودر پالپ گلابی خاردار فرمولاسیون با کاستن از آرد سوخاری در سطوح ۰/۵، ۱/۵ و ۲/۵ درصد طراحی شد.

ارزیابی خواص فیزیکی و شیمیایی برگر آنالوگ خام تولیدی

ارزیابی ترکیبات تشکیل دهنده برگر آنالوگ خام

ترکیبات برگرهای آنالوگ خام شامل رطوبت، پروتئین، چربی، خاکستر، اسیدیته (بر حسب اسید مالیک) مطابق روش AOAC (۲۰۰۶) و pH آن براساس روش سلطانی‌زاده و غیاثی اصفهانی (Soltanizade and Ghiasi-Esfahani, 2015) اندازه‌گیری شد.

اندازه‌گیری ظرفیت نگهداری آب[2]

۱۰ گرم از برگر آنالوگ خام با ۴۰ میلی‌لیتر آب مقطر به‌مدت ۳۰ دقیقه و با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد. نمونه پس از حذف آب اضافی توزین شد. ظرفیت نگهداری آب برگر آنالوگ از رابطه زیر محاسبه گردید (Sumu *et al.*, 2015):

ظرفیت نگهداری آب (درصد) = وزن نمونه بعد از آبگیری – وزن نمونه قبل از آبگیری / وزن نمونه قبل از آبگیری]×۱۰۰

1- Association of Official Analitical Chemists (AOAC)
2- Water Holding Capacity (WHC)

اندازه‌گیری شاخص‌های رنگ

شاخص‌های رنگ پودر پالپ گلابی خاردار توسط دستگاه رنگ‌سنج (ابزار کاران فن پویای شمال، IMG- Pardazesh, CAM-*XIUF55* system، ایران) با استفاده از روش شهیری و مظاهری (Shahiri and Mazaheri, 2014) اندازه‌گیری شد. شاخص L^*، بیانگر میزان روشنایی نمونه و دامنه آن از صفر (سیاه مطلق) تا ۱۰۰ (سفید مطلق) متغیر است. شاخص a^*، میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های سبز و قرمز را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰– (سبز مطلق) تا ۱۲۰+ (قرمز مطلق) متغیر است. شاخص b^*، میزان نزدیکی رنگ نمونه به رنگ‌های آبی و زرد را نشان می‌دهد و دامنه آن از ۱۲۰– (آبی مطلق) تا ۱۲۰+ (زرد مطلق) متغیر است.

ارزیابی خواص فیزیکی و شیمیایی برگرهای آنالوگ پخته شده تولیدی

ارزیابی افت پخت برگرهای آنالوگ

پخت برگرهای آنالوگ در فر با دمای ۱۶۰ درجه سانتی‌گراد و بدون روغن انجام شد. یک طرف برگرها به مدت ۵ دقیقه و طرف دیگر به مدت ۳ دقیقه پخته شد. درصد افت پخت برگرهای تولیدی از رابطه زیر محاسبه شد (Cengiz and Gokoglu, 2005):

افت پخت (درصد) = (وزن نمونه پخته – وزن نمونه خام) / وزن نمونه خام ×۱۰۰

ارزیابی چروکیدگی برگرهای آنالوگ پخته شده تولیدی

قطر و ضخامت برگرهای آنالوگ پخته با استفاده از کولیس دیجیتال (اینسایز، اتریش) در نقاط مختلف اندازه‌گیری شد و چروکیدگی برگرها از رابطه زیر بدست آمد (Basati *et al.*, 2018).

چروکیدگی (درصد) =(قطر نمونه پخته– قطر نمونه خام)–(ضخامت نمونه پخته–ضخامت نمونه خام)/ قطر نمونه خام+ ضخامت نمونه خام ×100

ارزیابی بافت برگرهای آنالوگ پخته شده تولیدی

ارزیابی بافت برگرهای آنالوگ پخته با استفاده از آزمون پروفایل بافت[3] و توسط دستگاه بافت‌سنج (استیبل میکروسیستم، TA-XT.Plus، انگلستان) انجام شد. از مرکز نمونه‌های پخته پس از ۲ ساعت نگهداری در دمای ۴ درجه سانتی گراد، قطعاتی به ابعاد ۱×۱×۱ جدا و با استفاده از پروب استوانه‌ای (قطر ۵ سانتی‌متر)، آزمون فشرده‌سازی دو مرحله‌ای تا ۵۰ درصد ارتفاع اولیه (۵ میلی‌متر) و با سرعت ۲۰ میلی‌متر بر دقیقه ارزیابی شدند. شاخص‌های سفتی[4] (نیوتن)، پیوستگی بافت (انسجام[5]) (بدون واحد)، خاصیت جهندگی

3- Texture Profile Analyzer (TPA)
4- Hardness
5- Cohesiveness

(ارتجاعی[1]) (میلی‌متر) و قابلیت جویدن[2] (نیوتن میلی‌متر) محاسبه شدند (Barba *et al*., 2018).

ارزیابی آبداری برگرهای آنالوگ پخته شده تولیدی

از مرکز برگر پخته ۵ گرم جدا کرده و به قطعات ۳ میلی‌متری برش داده شد. مقدار ۱ گرم از نمونه برش خورده در کاغذ واتمن شماره ۴۰ قرار داده و پس از پوشاندن با فویل آلومینیومی با استفاده از دستگاه بافت‌سنج (استیبل میکرو سیستم، TA-XT.Plus، انگلستان) به‌مدت ۳۰ ثانیه تحت نیروی ۵ کیلوگرمی با سرعت ۵ میلی‌متر بر دقیقه و فاصله هدف ۵ میلی‌متر قرار داده شد. پس از پرس، کاغذ صافی دوباره وزن شد و میزان آبداری برگرهای آنالوگ از رابطه زیر بدست آمد (Ali *et al*., 2017).

۱۰۰× [وزن برگر / وزن کاغذ صافی قبل از پرس—وزن کاغذ صافی بعد ازپرس]=میزان آبداری (درصد)

ارزیابی حفظ رطوبت برگرهای آنالوگ پخته شده تولیدی

درصد حفظ رطوبت برگرهای پخته از رابطه زیر به‌دست آمد (Soltanizade andGhiasi-Esfahani, 2015):

۱۰۰× (وزن برگر خام×رطوبت برگر خام/وزن برگر پخته×رطوبت برگر پخته) =حفظ رطوبت (درصد)

ارزیابی حسی برگرهای آنالوگ پخته شده تولیدی

نمونه‌ها از نظر رنگ، بو، طعم، بافت و پذیرش کلی توسط ۱۰ نفر پانلیست آموزش دیده زن و مرد در محدوده سنی ۲۰ الی ۴۰ ساله در مقیاس توصیفی ارزیابی شدند. عدد یک نشان‌دهنده نمونه بسیار ضعیف و عدد نه نشان دهنده نمونه بسیار عالی می‌باشد Beth (Small, 2007).

آنالیز آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها به منظور بررسی اثر استفاده از پودر پالپ گلابی خاردار بر ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی برگرآنالوگ با استفاده از طرح کاملا تصادفی انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن در سطح معنی‌داری $p < ۰/۰۵$ صورت گرفت. نتایج با استفاده از نرم‌افزار SPSS نسخه ۱۹ آنالیز شده و برای رسم نمودار از اکسل ۲۰۱۶ استفاده شد. تمامی نتایج به صورت میانگین سه تکرار گزارش گردیدند.

نتایج و بحث

ویژگی‌های پودر پالپ گلابی خاردار

نتایج حاصل از ارزیابی ویژگی‌های پودر پالپ گلابی خاردار در جدول ۱ آمده است. بررسی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی پودر پالپ گلابی خاردار به منظور تأیید نقش سلامت‌بخش آن در برگر آنالوگ ضروری است. مهار رادیکال آزاد در پالپ میوه ۰/۶۳ ± ۳/۲۸ درصد بود. بر اساس گزارش محققان فعالیت آنتی‌اکسیدانی میوه گلابی خاردار ناشی از حضور ترکیبات فنولی و ویتامین C موجود در آن می‌باشد. این ترکیبات رادیکال‌های آزاد را جذب و خنثی، اکسیژن را دفع و یا پراکسیدها را تجزیه می‌کنند (Felker *et al*., 2008; Diaz (Sanchez *et al*., 2006 pH پالپ میوه گلابی خاردار ۰/۰۵ ± ۳/۶۵ تعیین گردید که ناشی از حضور زیاد اسیدهای آلی در این میوه است (Castellar *et al*., 2003; Panda *et al*., 2017).

تاثیر پودر پالپ گلابی خاردار بر ویژگی‌های برگرهای آنالوگ خام تولیدی

نتایج حاصل از بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی برگر آنالوگ خام حاوی پودر پالپ گلابی خاردار در جدول ۲ آمده است. با افزایش درصد پودر پالپ گلابی خاردار در میزان رطوبت، پروتئین، چربی، کربوهیدارت و خاکستر برگرهای آنالوگ تفاوت معنی داری مشاهده نشد ($p > ۰/۰۵$). مقدار pH در برگرهای گوشتی و گیاهی به عنوان شاخصی است که کیفیت فرآورده را نشان می‌دهد و بر اساس گزارش محققان در محدوده ۶/۲–۵/۸ قرار دارد و pH بیشاز ۶/۴ طی نگهداری نشان دهنده بروز فساد میکروبی در محصول است (*et al*., Do Prado 2018). بیشترین و کمترین مقدار pH به‌ترتیب به نمونه شاهد (۶/۰۶±۴۲/۶) و در برگر آنالوگ دارای ۲/۵ درصد پودر پالپ گلابی خاردار (۵/۷۶ ±۰/۰۲) تعلق داشت که دلیل این امر می‌توان به حضور اسیدهای آلی و ویتامین C در پودر میوه گلابی خاردار نسبت داد (Kharrat *et al*., 2018).

نتایج حاصل از افزودن پودر پالپ گلابی خاردار بر ظرفیت نگهداری آب برگرهای آنالوگ خام در جدول ۲ آمده است. ظرفیت نگهداری آب برگر به توانایی فرآورده در نگهداشتن رطوبت خود و رطوبت افزوده شده طی فرآیند اطلاق می‌شود. میوه گلابی خاردار به دلیل وجود کربوهیدرات‌های پیچیده به ویژه پکتین در جذب و نگهداری آب نقش مؤثری دارد (Majdoub *et al*., 2001). نتایج نشان داد با افزایش درصد پودر پالپ گلابی خاردار ظرفیت نگهداری آب برگرهای آنالوگ خام افزایش یافت که دلیل این امر به علت حضور پکتین می‌باشد که به تنهایی و همراه با پروتئین شبکه‌ای را ایجاد می‌کند که با به دام اندازی آب از آزادسازی آن جلوگیری می‌کند (Soltanizade andGhiasi-Esfahani, 2015).

1- Springiness
2- Chewiness

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی پودر پالپ گلابی خاردار
Table 1- Physicochemical properties of prickly pear pulp powder

DPPH (%)	اسیدیته pH	کربوهیدرات Carbohydrate (%)	خاکستر Ash (%)	چربی Fat (%)	پروتئین Protein (%)	رطوبت Moisture (%)
3.28 ±0.63	3.65 ±0.05	68.22±0.15	12.47 ±0.14	3.6 ±0.09	5.2 ± 0.07	10.45 ±0.08

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکو شیمیایی برگرهای آنالوگ خام حاوی پودر پالپ گلابی خاردار
Table 2- Physicochemical properties of un-cooked burger analogue with prickly pear pulp powder

پودر ویژگی‌های برگر Powder Burger properties	Control (0%)	0.5%	1.5%	2.5%
Moisture (%)	50.48±0.51 a	50.06 ± 0.07 a	50.84 ± 0.57 a	0.28 a±51.17
Protein (%)	12.10 ±0.67 a	12.12 ±0.25 a	12.18 ± 0.34 a	0.46 a±12.23
Fat (%)	12.13±0.59 a	12.16 ± 1.44 a	12.18 ± 0.52 a	0.45 a±12.26
Ash (%)	2.51± 0.10 a	2.75± 0.14 a	2.7 ± 0.37 a	0.07 a±2.82
Carbohydrates (%)	22.76 ±0.64 a	22.66 ±1.64 a	0.834 a±22.10	0.40 a±21.52
pH	6.42 ± 0.06 a	6.32 ± 0.01 b	6.02 ± 0.05 c	0.02 a±5.76
WHC (%)	22.57 ±1.01 a	22.68 ±1.29 a	23.63 ± 0.73 a	1.66 a±24.57
L^*	47.85± 0.74 a	45.88 ± 0.68 b	40.84 ± 0.84c	0.6d±38.66
a^*	12.47±0.34d	18.36 ± 0.84c	25.8 ± 0. 4b	0.5a±30.37
b^*	22.48 ±0.58 a	19.37 ± 0. 75a	15.96 ± 0. 46b	0. 23b±15.37

نتایج حاصل از ارزیابی شاخص‌های رنگ نیز نشان داد که شاخص روشنایی (L^*) با افزایش درصد پودر پالپ گلابی خاردار کاهش معنی‌دار یافت (۰/۰۵> p). به‌طوری‌که در نمونه شاهد بیشترین (۰/۷۴ ± ۴۷/۸۵) و در تیمار دارای ۲/۵ درصد پودر پالپ گلابی خاردار کمترین (۰/۶± ۳۸/۶۶) بود. کاهش انعکاس نور از سطح برگرها دلیل اصلی گزارش شده است (Nunes *et al.*, 2015). نمایی از برگرهای تولیدی در شکل ۱ نشان داده شده است. همان‌طوری که مشاهده می‌شود، شاخص قرمزی ($+a^*$) با افزایش درصد پودر پالپ گلابی خاردار افزایش معنی‌داری یافت به طوری که در نمونه شاهد کمترین (۰/۳۴ ± ۱۲/۴۷ +) و در برگر دارای ۲/۵ درصد پودر پالپ گلابی خاردار بیشترین (۳۰/۰±۳۷/۶+) مقدار مشاهده شد. علت این امر مرتبط به حضور فراوان رنگدانه بتاسیانین در پالپ گلابی خاردار که منتج به رنگ قرمز- بنفش می‌گردد (Diaz Sanchez *et al.*, 2006; Obon *et al.*, 2009). افزایش درصد پودر پالپ گلابی خاردار سبب کاهش شاخص زردی ($+ b^*$) گردید که می‌تواند از لحاظ تجاری مطلوب و شباهت بیشتری به برگرهای گوشتی داشته باشد و مورد توجه مصرف‌کننده قرار گیرد. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج خراط و همکاران (Kharrat *et al.*, 2018) با افزودن عصاره میوه گلابی خاردار در فراوده گوشتی سالامی مطابقت داشت.



شکل ۱- نمایی کلی از آنالوگ برگرهای خام
Fig. 1- Overview of un-cooked analouge burgers

بررسی افزودن پودر پالپ گلابی خاردار بر ویژگی‌های برگر آنالوگ پخته شده تولیدی

نتایج حاصل از افزودن پودر پالپ گلابی خاردار بر افت پخت برگرهای آنالوگ در جدول ۳ آمده است. افت پخت در برگرها به میزان کاهش وزن برگر قبل و بعد از پخت مربوط می‌باشد. میزان افت پخت در برگرهای گوشتی بیش از برگرهای آنالوگ و به‌طور معمول در محدوده ۲۵-۲۲ درصد می‌باشد که علت این امر به‌دلیل حضور پروتئین‌های گوشت است که شبکه ژلی مستحکمی را تشکیل می‌دهند (Soltanizade and Ghiasi-Esfahani, 2015). کمترین و بیشترین درصد افت پخت به‌ترتیب مربوط به برگر آنالوگ دارای ۲/۵ درصد پودر پالپ (۰/۴۷ ± ۲۱/۰۳) و برگر شاهد (۲۲/۲ ±۰/۶۳) بود. در اثر پخت رطوبت بخار شده می‌شود اما با استفاده از پودر پالپ گلابی خاردار بدلیل وجود کربوهیدرات‌های پیچیده مثل پکتین و تشکیل شبکه ژلی، آب در بافت برگر حفظ شده و برگر در اثر پخت آب کمتری از دست می‌دهد. از این حیث نتایج این پژوهش با مشاهدات حسینی و بساطی (Hosseini and Bassati, 2018) مبنی بر افزودن زانتان و کربوکسی متیل سلولز به برگر سویا و همچنین بس اسمال (Beth small, 2007) مبنی بر افزودن پوره بلوبری به برگر گیاهی سویا مطابقت داشت.

نتایج حاصل از افزودن پودر پالپ گلابی خاردار بر چروکیدگی برگرهای آنالوگ پخته در جدول ۳ آمده است. چروکیدگی یک ویژگی مهم در ارزیابی برگرهاست و بدلیل رهاسازی آب و چربی و دناتوراسیون پروتئین‌ها در حین پخت رخ می‌دهد. چروکیدگی برگرهای آنالوگ در نمونه شاهد ۰/۳۹±۲/۱۱ درصد تعیین گردید. از عوامل کاهش دهنده چروکیدگی در برگرها می‌توان به افزودن فیبر (Aleson-Carbonll *et al.*, 2005) و صمغ (Soltanizade and Ghiasi-Esfahani, 2015; Bassati and Hosseini, 2018) اشاره کرد. همان‌طوری که مشاهده می شود با افزایش درصد پودر پالپ گلابی خاردار، چروکیدگی برگرهای آنالوگ کاهش یافت.

جدول ۳- تاثیر افزودن پودر پالپ گلابی خاردار بر ویژگی‌های برگر آنالوگ پخته تولیدی

Table 3- Effect of prickly pear pulp powder on cooked analouge burgers properties

پودر Powder (%) / ویژگی‌های برگر Burger properties	Control (0%)	0.5%	1.5%	2.5%
Cooking loss (%)(افت پخت (درصد	22.20 ± 0.63[a]	21.06 ± 0.59[a]	21.04 ± 0.85[a]	21.03 ± 0. 47[a]
Cooking shrinkage (%)(چروکیدگی (درصد	2.11 ± 0.39[a]	1.65 ± 0.73[a]	1.34 ± 0.77[b]	0.99 ± 0.36[b]
Hardness (N)(سفتی (نیوتن	9.89 ± 0.14[b]	15.09 ± 0.33[a]	12.15 ± 0.23[b]	11.85 ± 0.18[ab]
Cohesiveness (ratio(انسجام (بدون واحد	0.28 ± 0.01[a]	0.27 ± 0.03[a]	0.28 ± 0.04[a]	0.24 ± 0.01[a]
Springiness (mm) (قابلیت ارتجاع (میلی‌متر	0.48 ± 0.02[a]	0.45 ± 0.02[ab]	0.41 ± 0.04[bc]	0.38 ± 0.01[c]
Chewiness (N.mm)(قابلیت جویدن (نیوتن میلی‌متر	1.39 ± 0.13[a]	1.98 ± 0.6[a]	1.54 ± 0.70[a]	1.25 ± 0.31[a]
Juiciness(آبداری (درصد	5.10 ± 0.37[b]	5.22 ± 0.51[ab]	5.81 ± 0.06[ab]	6.03 ± 0.62[a]
Moisture retention (%)(حفظ رطوبت (درصد	69.2 ± 11.47[a]	71.67 ± 3.78[a]	72.29 ± 11.47[a]	72.77 ± 4.65[a]

نتایج حاصل از اثر افزودن پودر پالپ گلابی خاردار بر پروفایل بافت برگرهای آنالوگ پخته در جدول ۳ آمده است. میزان سفتی بافت برگرها با افزایش درصد پودر پالپ به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (p <۰/۰۵). علت این امر می‌تواند بدلیل هیدراته شدن کربوهیدرات‌های پیچیده موجود در پودر پالپ گلابی خاردار باشد که همراه با پروتئین سویا شبکه ژلی ضعیفی تشکیل می‌دهد و نیروی لازم برای تغییر شکل ماده غذایی را افزایش می‌دهد. از این حیث با مشاهدات سلطانی زاده و غیاثی اصفهانی (Soltanizade and Ghiasi-Esfahani, 2015) مبنی بر افزودن آلوئه‌ورا به بیف برگر مطابقت داشت. انسجام بافت، به میزان تغییر شکل ماده غذایی قبل از خرد شدن بوسیله دندان دلالت می‌کند که این پارامتر در برگرهای آنالوگ تغییر معنی‌داری نداشت (p> ۰/۰۵). قابلیت ارتجاع مقدار برگشت یک ماده غذایی به حالت اولیه بدون تغییر شکل پس از حذف نیروی جویدن می‌باشد. همان‌طوری که در جدول ۳ مشاهده می‌گردد، قابلیت ارتجاع برگرهای آنالوگی تولیدی با افزایش درصد پودر پالپ به طور معنی‌داری کاهش یافت (p <۰/۰۵) که دلیل این امر را می‌توان به کاهش تراکم شبکه پروتئین باشد که سبب ایجاد ساختاری با الاستیسیته کمتر نسبت داد. انرژی لازم برای جویدن ماده غذایی تا دستیابی به محصولی آماده بلع (قابلیت جویدن) با افزایش درصد پودر

پالپ در قابلیت جویدن برگرهای آنالوگی تغییر معنی‌داری مشاهده نشد (p >۰/۰۵).

نتایج حاصل از افزودن پودر پالپ گلابی خاردار بر آبداری برگر آنالوگ پخته در جدول ۳ آمده است. با افزایش درصد پودر پالپ گلابی خاردار آبداری برگرها به طور معنی‌داری افزایش یافت (۰/۰۵> p). علت این امر به عمل موسیلاژهای موجود در پودر پالپ گلابی خاردار مربوط می‌باشد که سبب به دام انداختن آب در شبکه تشکیل شده می‌شود و از سینرسیس جلوگیری کرده و اجازه خروج آب از بافت برگر در حین پخت و در اثر فشار وارد شده را نمی‌دهد. درنتیجه به‌دنبال افزایش ظرفیت نگهداری آب، آبداری برگرهای آنالوگ افزایش می‌یابد. و همکاران (Ali *et al.*, 2017) گزارش کردند که با افزودن پوره کدو حلوایی به سبب حضور ترکیبات پکتینی بر افزایش میزان آبداری برگر ماهی تیلاپیا برگر مثبت ارزیابی کردند.

نتایج حاصل از اثر افزودن پودر پالپ گلابی خاردار بر حفظ رطوبت برگر آنالوگ پخته در جدول ۳ آمده است. نگهداری رطوبت در بافت برگر نقش زیادی در ایجاد حس دهانی مطلوب برای مصرف‌کننده دارد. با افزایش درصد پودر پالپ گلابی خاردار، درصد حفظ رطوبت برگرها افزایش یافت (p>۰/۰۵). با افزایش ظرفیت نگهداری آب برگرها در اثر افزودن پودر پالپ، برگرها رطوبت را بهتر در بافت خود حفظ می‌کنند. نتایج این پژوهش با پژوهش السون کربونل و همکاران (Aleson-Carbonll *et al.*, 2005) مبنی بر افزودن لایه آلبیدو لیمو به بیف برگر و همچنین دوپرادو و همکاران (Do Prado *et al.*, 2018) مبنی بر افزودن آرد سورگوم به برگرهای تولیدی مطابقت داشت.

نتایج حاصل از اثر افزودن پودر پالپ گلابی خاردار بر ارزیابی حسی برگرهای آنالوگ در جدول ۴ آمده است. نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش درصد پودر پالپ گلابی خاردار تغییر معنی‌داری در بافت، رنگ و بوی برگرهای آنالوگ مشاهده نشد (p >۰/۰۵) اما برگر آنالوگ دارای ۱/۵ درصد پودر پالپ گلابی خاردار در مقایسه با سایر نمونه‌ها به طور معنی‌داری (p <۰/۰۵) دارای بیشترین امتیاز طعم و پذیرش کلی بود.

جدول ۴- ارزیابی حسی برگرهای آنالوگ تولیدی

Table 4- Sensory evaluations of burgers analouge

پودر Powder (%) / ویژگی‌های حسی Sensory characteristics	Control (0%)	0.5%	1.5%	2.5%
بافت Texture	6.57 ± 1.27 [a]	7.14 ± 0.6[a]	7.43 ± 1.13 [a]	7.14 ± 1.38 [a]
رنگColour	7.00 ± 1.29 [a]	7.57±0.97 [a]	7.43 ± 1.13 [a]	7.14 ± 1.52 [a]
طعم Taste	6.71 ± 1.38 [ab]	6.71 ± 0.75[ab]	8.00 ± 1.41[a]	6.43 ± 1.39[b]
بو Odour	6.71 ± 1.25 [ab]	6.43 ±0.53 [a]	6.85 ± 0.89 [a]	6.14 ±1.06 [b]
پذیرش کلی Overall acceptability	5.85 ± 0.69 [ab]	6.28 ±0.48 [b]	8.42 ±0.53 [a]	6.28 ± 0.95 [b]

نتیجه‌گیری

استفاده از پودر پالپ گلابی خاردار در فرمولاسیون برگر آنالوگ نشان داد که با افزایش درصد پودر پالپ، محتوی رطوبت، چربی، پروتئین و خاکستر افزایش، اما مقدار کربوهیدرات‌ها کاهش یافت. شاخصهای روشنایی، زردی و pH کاهش و شاخص قرمزی افزایش یافت. همچنین به سبب حضور کربوهیدرات‌های پیچیده و تشکیل شبکه ژلی، آب در بافت برگر آنالوگ حفظ و ظرفیت نگهداری آب، میزان آبداری و درصد حفظ رطوبت افزایش و افت پخت و چروکیدگی برگرهای پخته کاهش یافت. در آزمون ارزیابی حسی، برگر آنالوگ دارای ۱/۵ درصد پودر پالپ بهترین پذیرش کلی را داشت. بنابراین با بکاربردن پودر پالپ گلابی خاردار در فرمولاسیون برگر آنالوگ می‌توان علاوه بر استفاده از ترکیبات تغذیه‌ای مفید گلابی خاردار، یک فرآورده گیاهی مناسب با نزدیکترین شباهت ظاهری به فرآورده‌های گوشتی به‌خصوص برای گیاه‌خواران عرضه کرد. تاثیر خواص آنتی اکسیدانی بر دوره ماندگاری و فساد اکسیداتیو برگرهای آنالوگی که در دست بررسی است.

سپاسگزاری

از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و پارک علم وفناوری مازندران بدلیل حمایت‌های در خصوص اجرای این پژوهش تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

1. Adeniyi, P., Obatolu, V.A., & Kehinde, H.A. (2018). Comparative evaluation of the nutritional, physical and sensory properties of beef, chicken and soy burgers. *Agriculture and Food Science Research* 5(2): 57-63.
2. Aleson-Carbonll, L., Fernandes-Lopez, J., Perez-Alvarez, J.A., & Kuri, V. (2005). Characreristics of beef burger as influenced by various types of lemon albedo. *Innovative Food Science & Emerging Technologies* 6: 247-255.
3. Ali, H.A., Mansour, E.H., ElBedawey, A.E-F., & Osheba, A.S. (2017). Evaluation of tilapia fish burgers as effected by different replacement levels of mashed pumpkin or mashed potato. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences.* http://doi.org/10.1016/j.jssas.2017.01.003.
4. Asgar, M.A., Fazilah, A., Huda, N., Bhat, R., & Karim, A. (2010). Nonmeat protein alternative as meat extender and meat analogs. *Comprehensive Reviews in Food Science and Safety* 9: 51-521.
5. Association of Official Analitical Chemists. (2006). 18th end AOAC Washington DC.
6. Barba, F., Putnik, P., Kovacevic, D., Poojary, M., Roohinejad, Sh., Lorenzo, J., & Koubba, M. (2017). Impact of conventional and non-conventional processing on prickiy pear and their derived products: from preservation of beverages to valorization of by-products. *Trends in Food Science & Technology* 67: 260-270.
7. Bassati, A., & Hosseini, S.E. (2018). The effect of adding xanthan and carboxy methyl cellulose on cooking and sensory characteristics of soya burger. *Journal of Food Biosciences and Technology 8*(1): 59-64.
8. Beth Small, P. (2007). *Development of soy-blueberry burger and the changes in anthocyanins and phenolics during storage and broiling*. M.Sc. Theses, University of Maine.
9. Bohrer, B.M. (2019). An investigation of the formulation and nutritional composition of modern meat analogue products. *Food Science and Human Wellness.* https://doi.org/10.1016/j.fshw.2019.11.006.
10. Castellar, R., Obon, J.M., Alacid, M., & Fernandes-Lopez, J.A. (2003). Color properties and stability betacyanins from Opuntia fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemisrty* 51: 2772-2776.
11. Cengiz, E., & Gokoglu, N. (2005). Changes in energy and cholesterol contents of frankfurter-type sausages with fat reduction and fat replacer addition. *Food Chemistry* 91: 443-447.
12. Devine, D. 2002. Soya and health- clinical evidence, dietetic applications. *British Nutrition Foundation* 27: 195-198.
13. Diaz Sanchez, F., Santos Lopez, E.M., Filardo Kerstupp, S., Villagomez, R., & Scheinvar, L. (2006). Colorant extraction from red prickly pear (*Opuntia lasiacantha)* for food application. *Electronic Journal of Enviromental Agricultural and Food Chemistry 5*(2): 1330-1337.
14. Do Prado, M.E.A., Queiroz, V.A.V., Correia, V.T.V., Neves, E.O., Roncheti, E.F.S., Goncalves, A.C.A., Menezes, C.B., & Oliveira, F.C.E. (2018). Physicochemical and sensorial characteristics of beef burgers with added tannin-free whole sorghum fiours isolated soy protein replacer. *Meat Science* https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.12.006.
15. El-Samahy, S.K., Youssef, K.M., & Moussa-Ayoub, T.E. (2009). Producing ice cream with concentrated cactus pear pulp: A preliminary study. *Journal of PACD* 11: 1-12.
16. Ennouri, M., Evelyne, B., Laurence, M., & Hamadi, A. (2005). Fatty acid composition and rheological behavior of prickly pear seed oils. *Food Chemistry* 93: 431-437.
17. Felker, P., Stintzing, F.C., Mussig, E., Leitenberger, M., Carle, R., Vogt, T., & Bunch, R. (2008). Colour inheritance in cactus pear (*Opuntia ficus-indica*) fruits. *Annals of Applied Biology* 307-318.
18. Hassan, Sh. (2013). *Soybean, nutrition and health*. Intech open. 453-473.
19. Kharrat, N., Salem, H., & Mrabet, A. (2018). Synergistics effect of polysaccharides, betalain pigment and phenolic compounds of red prickly pear (*Opuntia stricta)* in the stabilization of salami. *International Journal of Biological Macromolecules* 111: 561-568.
20. Kumar, P., Chatli, M.K., Mehta, N., Singh, P., Malav, O.P., & Verma, A.K. (2017). Meat analogues: Health promising sustainable meat substitutes. *Critical Reviews in Food Science Technology* 57: 923-932.
21. Ledesma, E., Rendueles, M., & Diaz, M. (2015). Contamination of meat products during smoking by polycyclic aromatic hydrocarbons: Processes and Prevention. *Food Control*. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2015.07.016.
22. Majdoub, H., Roudesli, S., & Deratani, A. (2001). Polysaccharides from prickly pear peal and nopals of *Opuntia ficus-indica*: extraction, characterization and polyelectrolyte behavior. *Polymer International* 50: 552-560.
23. Nemzer, B., Pietrzkowski, Z., Sporna, A., Stalica, P., Thresher, W., Michalowski, T., & Wybraniec, S. (2011). Betalainic and nutritional profiles of pigment-enriched red beet root (*Beta vulgaris* L.) dried extracts. *Food Chemistry* 127: 42-53.
24. Nunes, A.N., Saldanha do carmo, C., & Duarte, C. (2015). Production of natural red pigment derived from opuntia spp. using a novel high pressure CO_2 assisted-process. *Royal Society of Chemistry* 5: 83106-83114.
25. Obon, J.M., Castellar, M.R., Alasid, M., & Fernandes-Lopez, J.A. (2009). Production of red purple food colorant from *opuntia stricta* fruits by spray drying and its application in food models systems. *Journal of Food Engineering* 90: 471-479.

26. Palmeri, R., Parafati, L., Restuccia, C., & Fallico, B. (2018). Application of prickly pear ftuit extract to improve domestic shelf life, quality and microbial safety of sliced beef. *Food and Chemical Toxicology* https://doi.org/10.1016/j.fct.2018.05.044.
27. Panda, S.K., Behera, S.K., Qaku, X.V., Sekar, S., Ndinteh, D.T., Nanjundaswamy, H.M., Ray, R.C., & Kayitesi, E. (2017). Quality enhancement of prickly pears *(Opuntia* sp.) juice through probiotic fermentation using *Lactobacillus fermentum* – ATCC 9338. *Food Science and Technology* 75: 453-459.
28. Riaz, M.N. (2011). *Texturized vegetable proteins*. Hand Book of proteins 395-418.
29. Shahiri Tabarestani, H., & Mazaheri Tehrani, M. (2014). Optimization of physicochemical properties of low-fat hamburger formulation using blend of soy flour, split-pea flour and wheat starch as part of fat replacer system. *Journal of Food Processing and Preservation* 38: 278-288.
30. Soltanizadeh, N., & Ghiasi-Esfahani, H. (2015). Qualitative improvement of low meat beef burger using *Aloe vera*. *Meat Science* 99: 75-80.
31. Summo, C., Centomani, I., Paradiso, V., Caponio, F., & Pasqualone, A. (2015). The effect of the type of cereal on the chemical and textural properties and on the consumer acceptance of pre-cooked, legume-based burgers. *Food Science and Technology* 65: 290-296.
32. Van Mierlo, K., Rohmer, S., & Gerdessen, J.C. (2017). A model for composing meat replacers: Reducing the environmental impact for our food consumption pattern while retaining its nutritional value. *Journal of Cleaner Production* 165: 930-950.
33. Zion Market Research. (2019). Accessed June 23, 2019 at http://www.globenewswire.com/news-release/2019/03/28/1781303/0/en.